



Kempten^{Allgäu}

Studie zur Regenentwässerung im Einzugsgebiet des Bleicher Baches

im Zusammenhang mit dem Regenwasserkonzept für das
Baugebiet Halde Nord im Kempten

Erläuterungsbericht

Aufgestellt:

Hoppegarten, Datum: 24.05.2018

Projektleitung: Prof. Dr. Heiko Sieker

Bearbeitung: Dr.-Ing. Mariusz Merta

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Rennbahnallee 109A, D-15366 Hoppegarten
Tel. +49 3342 3595-0,
Fax. +49 3342 3595-29
E-Mail: info@sieker.de
Internet: www.sieker.de



Sieker

Die Regenwasserexperten
The Stormwater Experts



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung/Aufgabenstellung	3
2	Verwendete Unterlagen	5
2.1	Datengrundlagen.....	5
2.2	Weiterführende Unterlagen	6
3	Kurzbeschreibung der örtlichen Randbedingungen	7
3.1	Klima/Niederschlag	7
3.2	Topografie.....	7
3.3	Bodenverhältnisse	8
3.4	Landnutzung	9
3.5	Gewässernetz und hydrologisch-räumliche Gliederung.....	10
3.6	Siedlungsentwässerung	11
3.7	Zeit-Flächen-Funktion (ZFL)	13
4	Hydrologische Modellierung	14
4.1	Modellauswahl	14
4.2	Hydrologisches Modell STORM XXL®	14
4.3	Modellaufbau.....	14
4.4	Modellierung des Ist-Zustandes	16
4.5	Modellierung von Varianten zur Regenentwässerung	17
4.5.1	Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung.....	17
4.5.2	Konventionelle Regenwasserkanalisation als Vergleichslösung	18
4.6	Festlegung einer hydrologischen Vorzugsvariante.....	19



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Untersuchungsgebiet „Bleicher Bach“	3
Abbildung 2:	Starkniederschlagshöhen in Kempten (KOSTRA 2010R)	7
Abbildung 3:	Höhenlagen im Projektgebiet (Quelle: Digitales Geländemodell).....	8
Abbildung 4:	Bodentypen (Quelle: Bodenkarte von Bayern 1:25.000)	9
Abbildung 5:	Aktuelle Landnutzung (Quelle: Flächennutzungskartierung der Stadt Kempten)	10
Abbildung 6:	Gewässernetz und hydrologische Teileinzugsgebiete.....	11
Abbildung 7:	Bauwerke.....	12
Abbildung 8:	Kanalnetz	12
Abbildung 9:	Entwässerungszeiten der hydrologischen Teileinzugsgebiete.....	13
Abbildung 10:	Modellaufbau für den Ist-Zustand.....	15
Abbildung 11:	Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung.....	18
Abbildung 12:	Konventionelle Regenwasserkanalisation für Baugebiet Halde Nord	19
Abbildung 13:	Vergleich Abflussganglinien aus dem EZG des Neubaugebiets Halde Nord im Zulauf des Kanal in der Tobias-Dannheimer-Str. zwischen konventionellen Entwässerung im Trennsystem und dezentralen Regenwasserbewirtschaftung	20

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Flächenanteile im Einzugsgebiet des Bleicher Bachs.....	9
------------	---	---

1 Veranlassung/Aufgabenstellung

Die Stadt Kempten (Allgäu) entwickelt im Norden des Stadtgebietes das Baugebiet Halde Nord. Das Plangebiet liegt im natürlichen Einzugsgebiet des Bleicher Baches. Der Bleicher Bach wird gespeist aus einem südlichen Zulauf, der die Schwabensberger Weiher durchfließt, und einem nördlichen Zulauf, der durch die Orte Heiligkreuz und Neuhausen fließt. Nach dem Zusammenfluss fließt der Bleicher Bach durch den Ort Oberwang und wird über ein Regenrückhaltebecken in die Iller eingeleitet. Das Einzugsgebiet ist insgesamt ca. 4,8 km² groß. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Umriss des Betrachtungsraums.

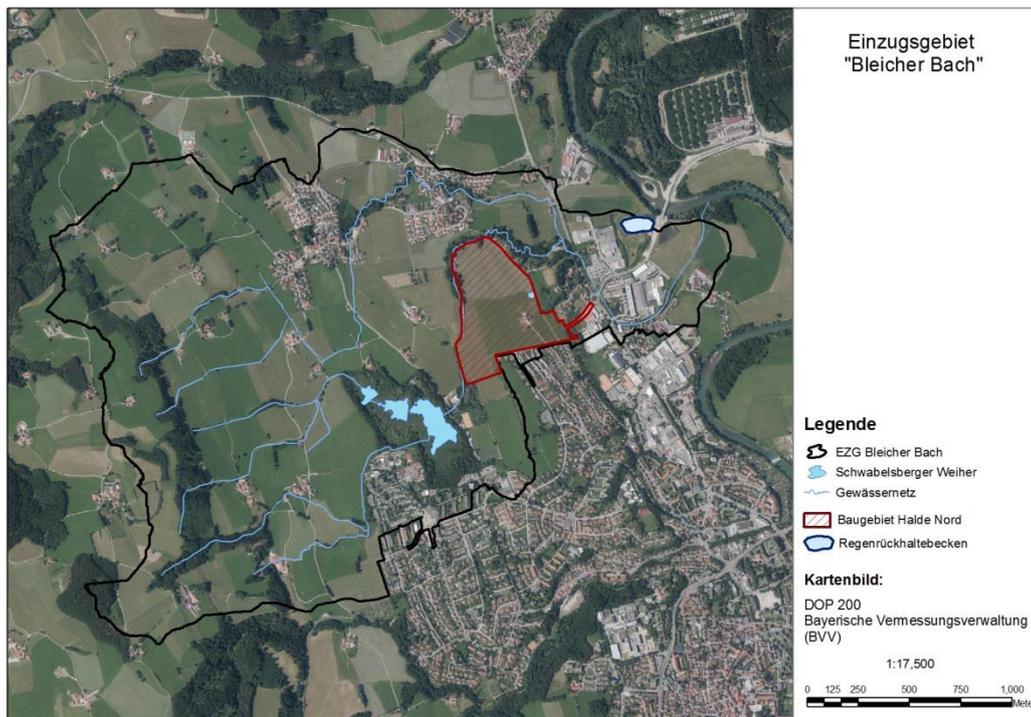


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet „Bleicher Bach“

Über den Bleicher Bach werden mehrere Siedlungsgebiete entwässert, darunter das Gewerbegebiet Stiftsbleiche. Im Zuge des Neubaus des Kreisverkehrs Memminger Straße/Thomas Dachser Str. wurde in der Tobias-Dannheimer-Str. ein Regenwasserkanal (DN 1400) verlegt, der für die Aufnahme von Abflüssen aus dem Baugebiet Halde-Nord vorgesehen ist. Dieser Kanal mündet schließlich wie der Bleicher Bach auch in ein Rückhaltebecken, aus dem gedrosselt in die Iller eingeleitet wird. Das Rückhaltebecken hat sowohl die Funktion einer Begrenzung der Regenwassereinleitung als auch der Hochwasserrückhaltung.

Bei der Berechnung des Rückhaltebeckens wurde das Baugebiet Halde-Nord mit einer Fläche von ca. 19 ha berücksichtigt. Danach könnte das Baugebiet rein aus hydraulischer Sicht ungedrosselt in den Bleicher Bach bzw. den Anschlusskanal entwässert werden. Andererseits ist eine Erweiterung des Gewerbegebietes Stiftsbleiche geplant, die bei der Bemessung des Rückhaltebeckens bislang nicht berücksichtigt wurde. Außerdem ist ggf. eine Umverlegung des Baches vorgesehen, die ebenfalls eine Neuberechnung des Gesamtsystems erforderlich machen würde. Welcher Maximalabfluss



letztendlich aus dem Baugebiet Halde-Nord in den Kanal in der Tobias-Dannheimer-Str. eingeleitet werden kann bzw. darf, ist derzeit nicht abschließend geklärt.

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (IPS) wurde von Amt für Tiefbau und Verkehr der Stadt Kempten beauftragt, eine entsprechende Studie zur Regenentwässerung im Einzugsgebiet des Bleicher Baches zu durchzuführen

2 Verwendete Unterlagen

2.1 Datengrundlagen

Für die Bearbeitung der Aufgabenstellung wurden die zur Verfügung gestellten Unterlagen ausgewertet, sowie ergänzende Daten recherchiert und angefordert.

Allgemeines:

- Städtebauliches Konzept, F64 Architekten, Stand 31.7.2017
- Unterlagen zum Wasserrechtsverfahren Bleicher Bach (Antrag vom 25.11.2003)
- Gesprächsvermerk Ziele der Planung Regenwasser, Wasserwirtschaftsamt Kempten, 15.01.2018
- Anmerkungen des Wasserwirtschaftsamtes Kempten zum OT am 22.01.2018
- Vorentwurf zum Bebauungsplan, Arbeitsstand 20.09.2017
- Computersimulation des Neubaugebietes „Halde“ (Quelle: www.kempten.de)
- Unterlagen zur Regenentwässerung im Einzugsgebiet Bleicher Bach (Kanalnetz-, Regenrückhalte-, Regenüberlaufdaten, angeschlossenen Siedlungsflächen)

Klimadaten:

- Niederschlagszeitreihe (1961 – 2012; 5-Min.-Werte)
- Meteorologische Zeitreihen: Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer (1964 – 2012; Tagesmittelwerte)

Flächen- und Geländeinformationen:

- Digitales Geländemodell (Rasterweite 1m)
- Gewässerdaten
- Flächennutzungsplan mit integriertem Landschaftsplan (FNP/LP) inkl. Begrünung (18.6.2009)
- Flächennutzungskartierung der Stadt Kempten
- Angeschlossene Siedlungsflächen
- Digitale Orthophotos (DOP40)
- Digitale Übersichtsbodenkarte von Bayern im Maßstab 1:25.000
- Geologische Erkundung, ICP Geologen und Ingenieur für Wasser und Boden, 1.08.2011



Die Flächeninformationen aus den DWG Plänen wurden in ein geographisches Informationssystem importiert und für eine weitere Verwendung im Modell aufgearbeitet. Die Aufbereitung und Auswertung der Daten erfolgte überwiegend mit der Software ArcGIS (Esri).

2.2 Weiterführende Unterlagen

Folgende Literaturquellen fanden bei der Bearbeitung Verwendung.

- [1] ATV-DVWK-A 198 (2003): Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen, Hrsg. ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- [2] Bodenkundliche Kartieranleitung (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover 2005. Schweizerbart'sche, E. Verlag;; Auflage: 5., verb. u. erw. Aufl. (12. Mai 2005). ISBN-13: 978-3510959204.
- [3] DWA-A 138 (2005). DWA-Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: S. 59.
- [4] Hydrotec (2005): Zeitflächenfunktion, NASIM-ArcView-Extention, Version 1.2.3, Aachen.
- [5] IPS – Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (2017): STORM, Software für die Modellierung wasserwirtschaftlicher Systeme; <http://www.sieker.de/de/produkte-und-leistungen/product/storm-16.html> (24.02.2017).
- [6] KOSTRA-2010 DWD (2010): Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen.
- [7] Sieker, H. (2018): Regenwasserkonzept für das Baugebiet Halde Nord in Kempten. Erläuterungsbericht (09.02.2018).

3 Kurzbeschreibung der örtlichen Randbedingungen

3.1 Klima/Niederschlag

Bedingt durch die Lage im Voralpenraum und die Höhenlage von ca. 675 m ü. NHN sind die mittleren Temperaturen (6.9 °C) im bundesdeutschen Vergleich relativ niedrig, die Jahresniederschlagshöhen mit ca. 1.275 mm dagegen relativ hoch.

Auch die Starkniederschläge sind in Kempten recht intensiv. Abbildung 2 zeigt die KOSTRA-Daten (Starkniederschlagshöhen) für Kempten in Abhängigkeit von Dauerstufe und Jährlichkeit.

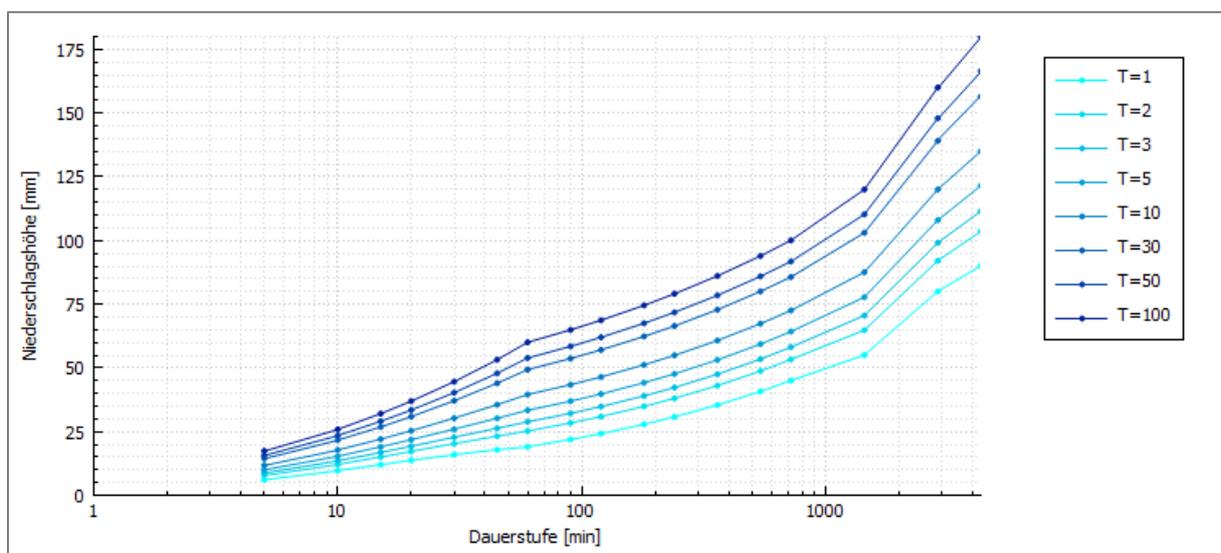


Abbildung 2: Starkniederschlagshöhen in Kempten (KOSTRA 2010R)

Für die hydrologische Modellierung stand eine Langzeitregenreihe zur Verfügung. Diese Regenreihe wurde vom Bayerischen Landesamt für Umwelt mit der Software NiedSimBy erstellt. Diese synthetische Niederschlagsreihe hat eine Dauer von 52 Jahre bei einer zeitlichen Auflösung von 5 min.

3.2 Topografie

Die Beschreibung des Reliefs erfolgt hierbei auf der Grundlage des digitalen Geländemodells (DGM 1) im 1-m-Raster (Abbildung 3). Die Informationen des Höhenmodells geben einen Überblick über die Topografie des Einzugsgebietes und ermöglichen eine visuelle Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse. Das digitale Höhenmodell stellt somit eine sehr wichtige Datengrundlage dar, die eine unkomplizierte Ableitung einer Reihe von Einflussfaktoren wie z. B. Hangneigung, Fließrichtung und Abflussakkumulation ermöglicht. Bei der Erstellung des hydrologischen Modells wurde das DGM einerseits zur Ausweisung von Teileinzugsgebieten und andererseits zur Ermittlung der Fließzeiten eingesetzt (Kapitel 3.7).

Das naturbelassene Einzugsgebiet des Bleicher Baches weist eine Gesamtgröße (entsprechend dem DGM1) von ca. 500ha auf, und ist geprägt durch eine hügelige Moränenlandschaft. Durch die Bebauung der Stadtteile Thingers und Halde entwässern rund 25,6ha über Regenwasserkanäle in die Rottach und entfallen somit als Zufluss zum südlichen Bleicher Bach. Die momentane Entwässerungsfläche beträgt also insgesamt rund 477ha.

Der höchste Punkt des Einzugsgebiets liegt mit ca. 866 m NHN an der südwestlichen Grenze. Das Gelände fällt von dort aus stetig Richtung Nordosten bis auf eine Höhe von ca. 654 m NHN im Mündungsbereich des Bleicher Baches in die Iller.

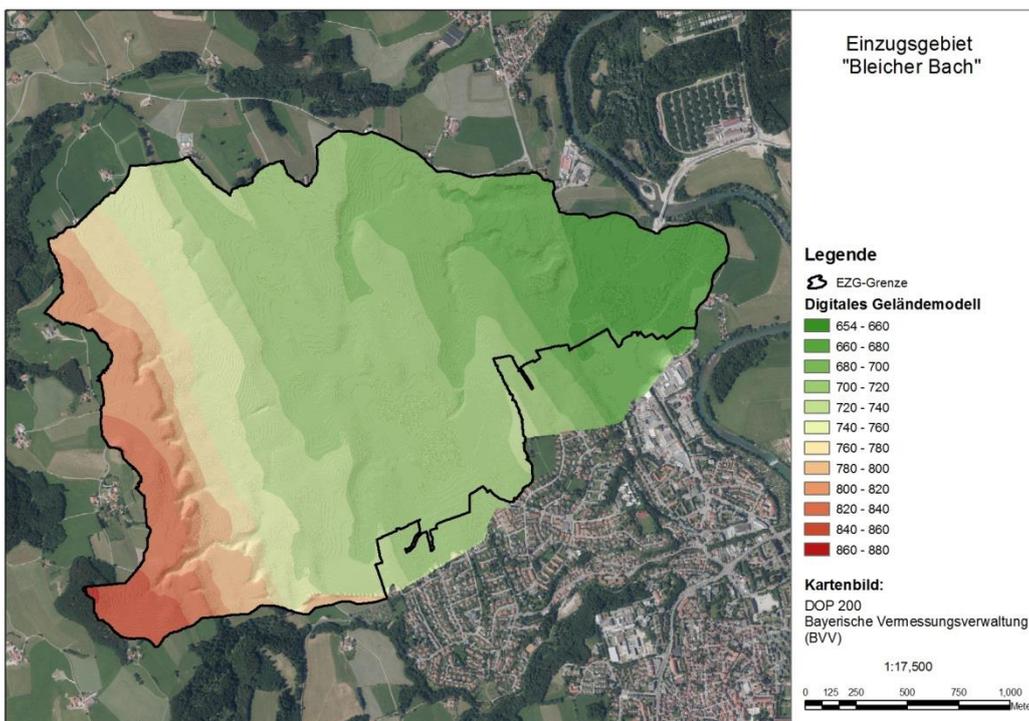


Abbildung 3: Höhenlagen im Projektgebiet (Quelle: Digitales Geländemodell)

3.3 Bodenverhältnisse

Maßgebend für die Bestimmung des Abflussverhaltens eines Untersuchungsgebiets sind die detaillierten Informationen zu Bodencharakteristika, wobei ihre Auflösung und ihre Genauigkeit über Detaillierungsgrad und die Treffsicherheit der erzielten Ergebnisse entscheiden. Die Ausgangsbasis für die Ableitung der für die N-A-Modellierung notwendigen Bodenkennwerte bildet die digitale Übersichtsbodenkarte von Bayern (Abbildung 4).

Die Datenbank der Übersichtsbodenkarte beschreibt auf der Basis der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) in der 5. Auflage von 2005 die Leitbodengesellschaften. Die Bodengesellschaften im Untersuchungsgebiet sind zum einen durch die Sand-Lehm- und Ton-Gemische, zum anderen durch den humosen Oberboden geprägt. Als Bodengesellschaften wechseln

sich Braunerden, Pseudogleye und grundwasserbeeinflusste Böden (Gleye) ab. Die bodenphysikalischen Parameter für die N-A-Modellierung wurden entsprechend der KA5 abgeleitet und in der Datenbank des Modells integriert.

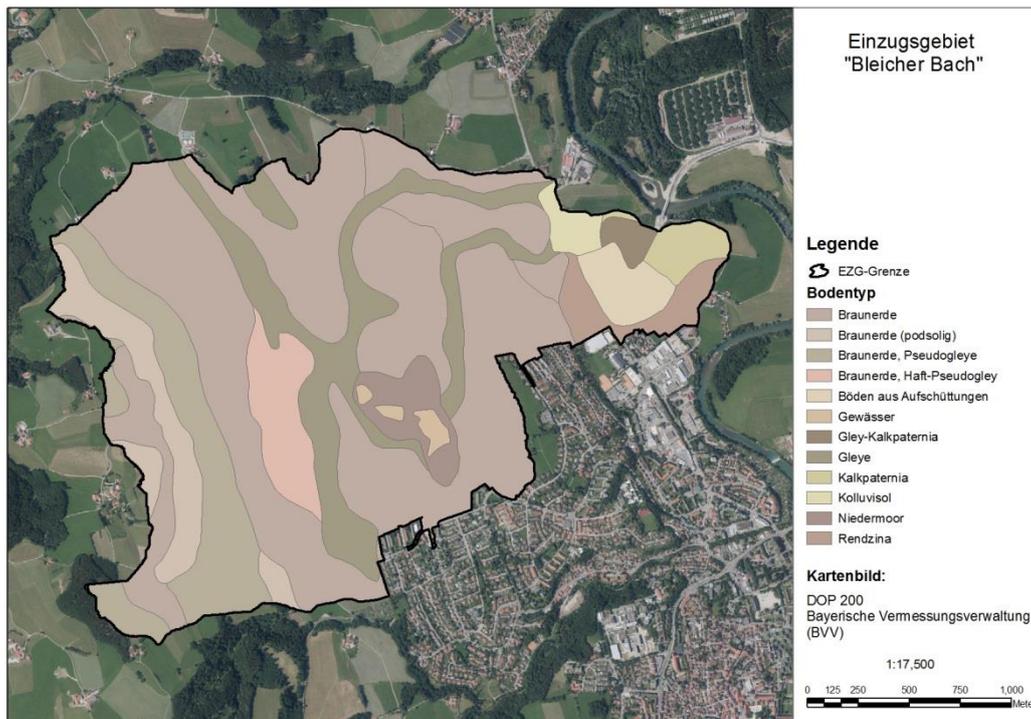


Abbildung 4: Bodentypen (Quelle: Bodenkarte von Bayern 1:25.000)

3.4 Landnutzung

Das Abflussverhalten eines Einzugsgebiets wird maßgeblich von der existierenden Landnutzung bzw. Bodenbedeckung beeinflusst. Dies bezieht sich sowohl auf die Jahreswasserbilanz als auch auf die Hochwasserentstehung bei sommerlichen Starkniederschlägen. Die natürlichen Eigenschaften des Einzugsgebiets spiegeln sich in der Verteilung der Flächennutzungen im Gebiet wieder.

Das Einzugsgebiet des Bleicher Bachs ist durch weitläufige Ackerflächen und Wiesen, kleiner Wälder, den Schwablsberger Weiher und dörfliche Bebauung geprägt (Abbildung 6). Für die hydrologische Modellierung des Ist-Zustandes wurde ein Versiegelungsgrad von 10,9% angenommen, was einer bebauten Fläche von insgesamt 52,2ha. Die Aufteilung der Flächen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Flächenanteile im Einzugsgebiet des Bleicher Bachs

Flächennutzung	Flächenanteil [%]	Fläche [ha]
versiegelte Flächen	10,9	52,2
Dachflächen	3,4	16,2

Straßen, Geh- und Fahrradwege	2,6	12,2
sonstige Flächen (Parken, Zufahrt, Hof)	4,9	23,8
unversiegelte Flächen	89,1	425,3
Siedlungsgrün	6,6	31,6
Ackerland	65,6	313,4
Sonstige Grünflächen	16,9	80,3
Einzugsgebiet Bleicher Bach insgesamt	100%	477,5ha

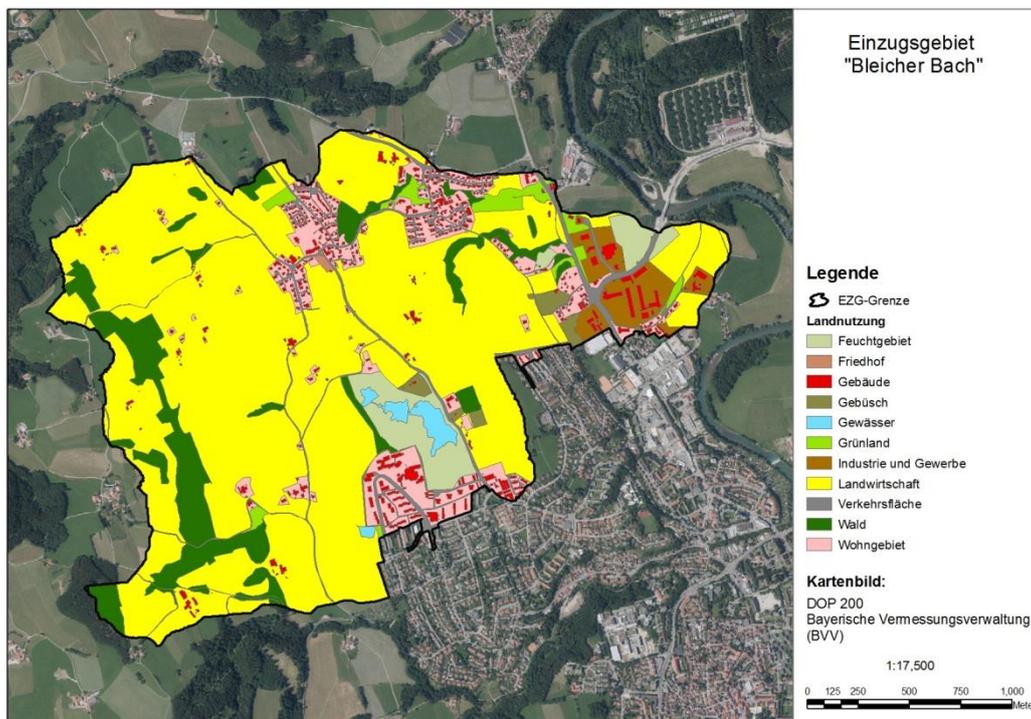


Abbildung 5: Aktuelle Landnutzung (Quelle: Flächennutzungskartierung der Stadt Kempten)

3.5 Gewässernetz und hydrologisch-räumliche Gliederung

Die momentane Entwässerungsfläche beträgt insgesamt rund 477ha, aufgeteilt auf rund 201ha für den nördlichen und rund 222ha für den südlichen Bachlauf. Der südliche Bachlauf fließt durch den Schwablsberger Weiher, der mit einer Wasserfläche von rd. 23ha einen nennenswerten Retentionsraum bietet. Das Gebiet zwischen Vereinigung der beiden Bäche vor der Memminger Straße bis zur Mündung in die Iller weist eine Fläche von ca. 54ha auf (Abbildung 6).

Nach dem Zusammenfluss aus südlichen und nördlichen Bachlauf gelangt der Bleicher Bach nach einem Durchlass unter der Memminger Straße in ein künstliches Bachbett entlang dieser Straße und fließt bis zu Überlaufschwelle mit Tosbecken und einer Ableitungsverrohrung in Richtung Regenrückhaltebecken (Illeraue) sowie einer Drosselleitung unter Thomas-Dachser-Straße. Der weitere Bachlauf erfolgt durch das Gelände der Fa. Dachser und anschließend entlang der Bebauung der Straße Im Oberwang bis zur Mündung in die Iller.

Hydrologisch-räumliche Gliederung des Untersuchungsgebiets orientiert sich einerseits an den Einzugsgebieten der beiden Bachläufe und andererseits an den markanten Gewässerknoten (z.B. Zuflüsse von Nebengewässer, Hochwasserrückhaltebecken, Verrohrungen, Überläufe u.a.).

Das hydrologische Modelleinzugsgebiet besteht somit aus insgesamt 31 Teileinzugsgebieten, die eine Größe von rund 4ha bis 63ha aufweisen. Bei der Ausweisung der natürlichen Teileinzugsgebiete wurden die Daten zu den urbanen Entwässerungssystemen mit berücksichtigt. In urban geprägten Gebieten weicht die Festlegung der Teileinzugsgebiete von der Methodik für natürliche Einzugsgebiete erheblich ab, da sie sich hauptsächlich nach der Lage des Entwässerungsnetzes sowie deren Bauwerken und weniger nach der Morphologie richtet.

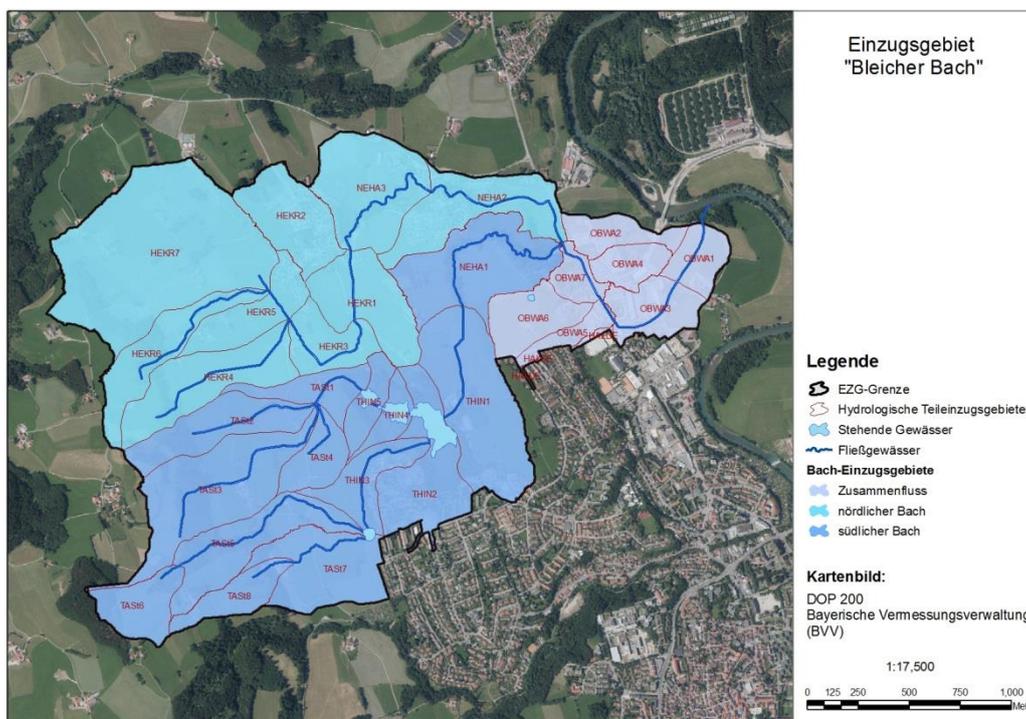


Abbildung 6: Gewässernetz und hydrologische Teileinzugsgebiete

3.6 Siedlungsentwässerung

Um die Hochwasserspitze des Bleicher Baches gezielt abzuleiten, wurde eine Überlaufschwelle mit Tosbecken und einer Ableitungsverrohrung in Richtung Illeraue (RRB) sowie eine Drosselleitung eingerichtet. Die Drosselleitung reduziert den Abfluss auf 3,0 m³/s (Abbildung 7). Der Regenüberlauf wird über einen 1800er Rohrkanal und anschließend über ein breites Fließgerinne Richtung Regenrückhaltebecken abgeleitet. Die Ableitung des Niederschlagsüberlaufes. In den vorgenannten DN 1800 Rohrkanal mündet auch die Oberflächenentwässerung der Baugebiete (Abbildung 8).

Im Zuge von Gewerbegebietserschließungen wurde das Regenrückhaltebecken Stifsbleiche mit einem Volumen von ca. 3.000 m³ angelegt. Das Becken entleert mittels einer Rohrdrossel DN 600 in die unmittelbar nördlich des Beckens gelegene Iller (Abbildung 7).

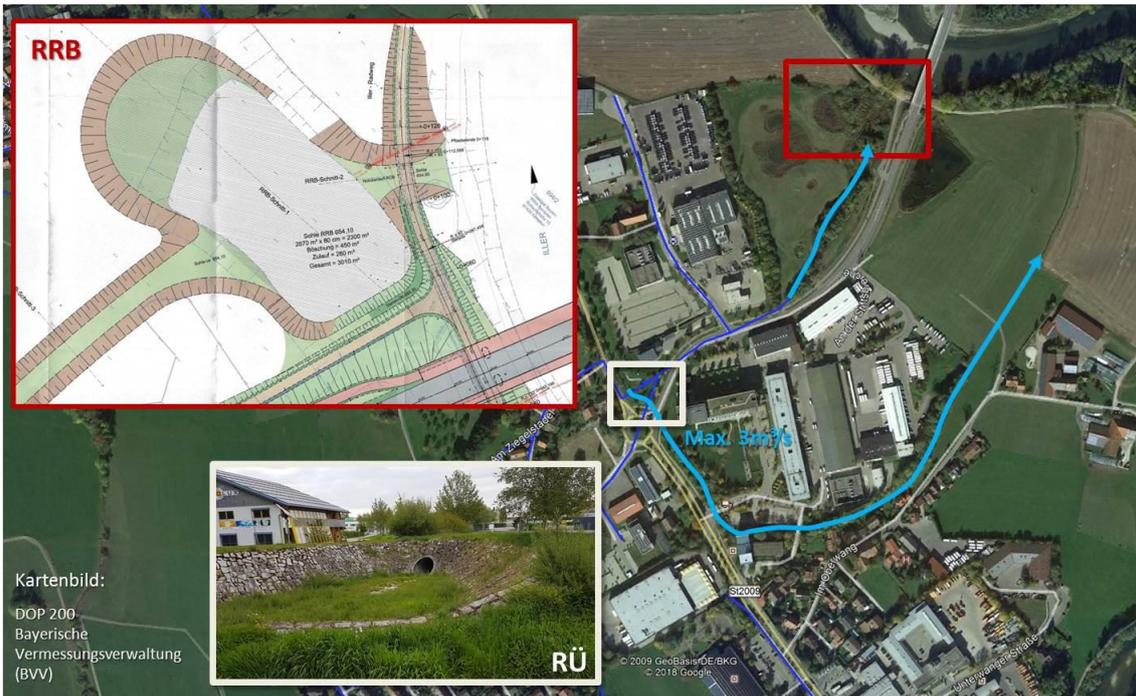


Abbildung 7: Bauwerke

Durch die Bebauung der Stadtteile Thingers und Halde entwässern rund 25,6ha über Regenwasserkanäle in die Rottach und entfallen somit als Zufluss zum südlichen Bleicher Bach (Abbildung 8).

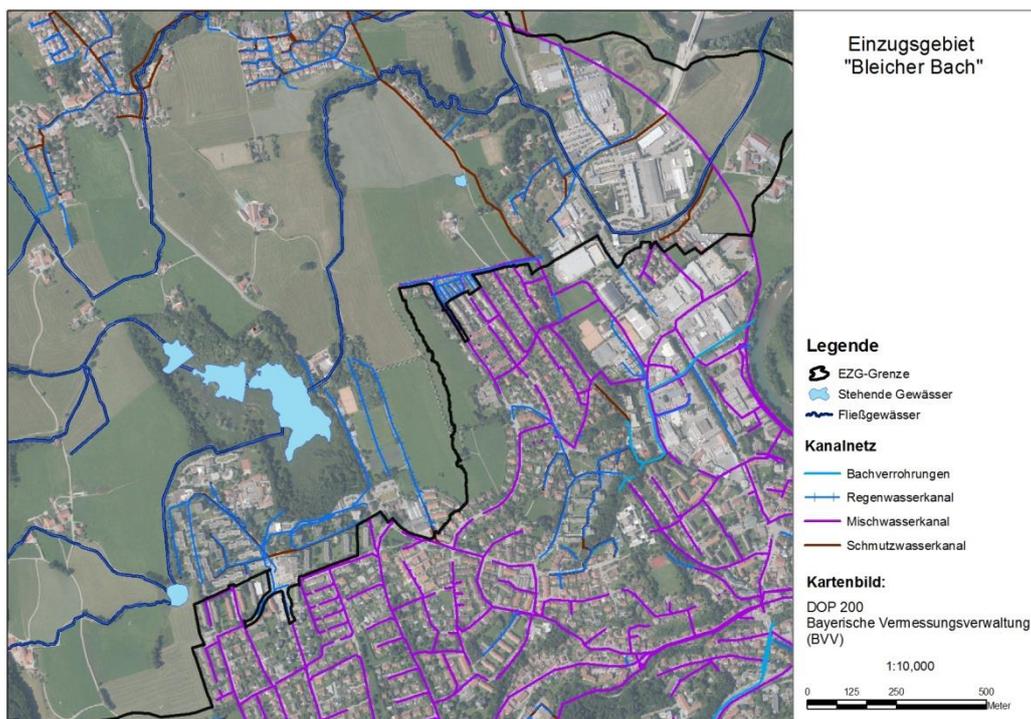


Abbildung 8: Kanalnetz

3.7 Zeit-Flächen-Funktion (ZFL)

Zur Abbildung der Retention der oberflächennahen Abflusskomponenten wurden, basierend auf dem digitalen Geländemodell und der Landnutzungsharte, Zeitflächenfunktionen für jedes Teileinzugsgebiet berechnet. Mit Hilfe eines ArcView-Zusatzmoduls ZFL von HYDROTEC (2005) wird in Abhängigkeit von der Hangneigung, der Abflussakkumulation, der landnutzungsabhängigen Oberflächenrauheit und der Nähe zum Gewässernetz die Entwässerungszeit jeder Rasterzelle des Höhenmodells bis zum Gebietsauslass bestimmt. Das Ergebnis der Berechnung lässt sich insbesondere zur visuellen Plausibilitätskontrolle grafisch darstellen.

Die Zeitflächenfunktion beschreibt die Translation einer Welle auf der Oberfläche, d.h. eine Verlagerung einer Welle in der Zeit ohne Retention. Die Funktion gibt für jeden Zeitpunkt wieder, wie groß die Fläche ist, die zum Oberflächenabfluss dieses Zeitpunkts bezogen auf den Gebietsauslass beiträgt. Mit Konzentrationszeit wird dabei die Zeit bezeichnet, die benötigt wird, um das gesamte Einzugsgebiet zu entwässern. Zeitflächenfunktion ist abhängig von Gebietsgröße und –form, Gefälle im Gebiet, Rauheit der Oberfläche, Dichte des Gewässernetzes und der Fließtiefe. Das Tool ZFL berechnet Fließwege und Fließzeiten für alle Teileinzugsgebiete mit Hilfe eines digitalen Höhenrasters und erstellt automatisch eine Eingabedatei „TAPE20“ für STORM. Die Fließzeiten des Untersuchungsgebiets stellt die Abbildung 9 dar.

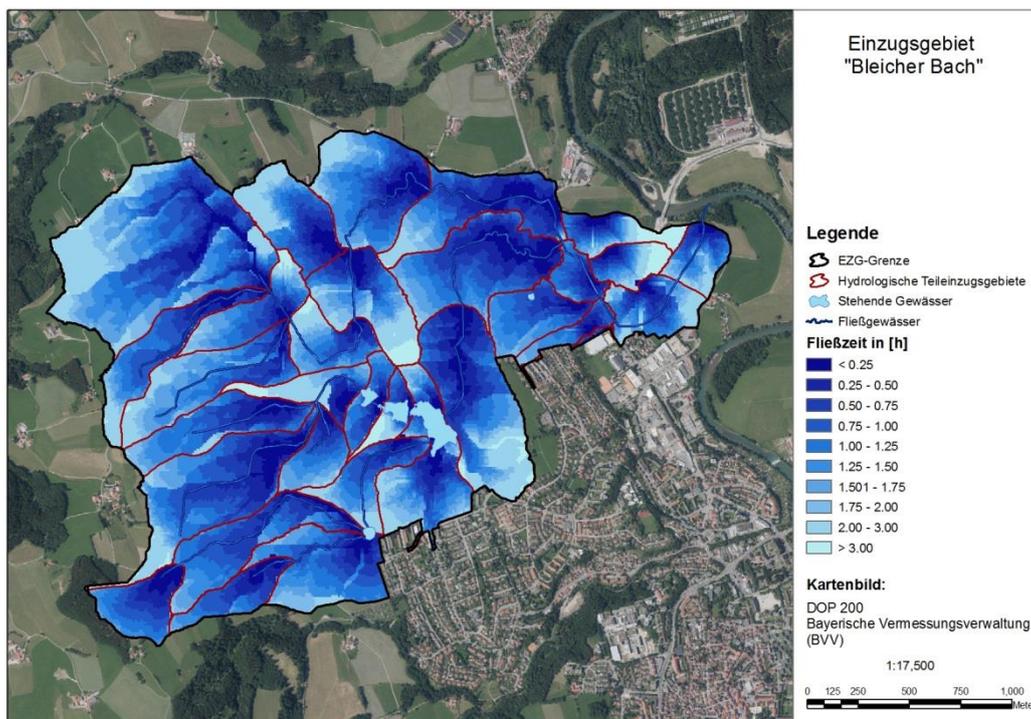


Abbildung 9: Entwässerungszeiten der hydrologischen Teileinzugsgebiete

4 Hydrologische Modellierung

4.1 Modellauswahl

Für die hydrologische Modellierung wurde die Software STORM XXL® (IPS 2017) von der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH verwendet, die in den Bereichen Hydrologie und Wasserwirtschaft eingesetzt wird. Sie ermöglicht unter anderem die Bemessung von Anlagen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und die Erstellung von Wasserhaushaltmodellen. Eine Besonderheit ist, dass der Bodenwasserhaushalt abgebildet werden kann. STORM beinhaltet viele verschiedene Systemelemente, die in das Modell eingebaut werden können (Abflussbildungsparameter, versiegelte und durchlässige Flächen, Versickerungsanlagen etc.).

4.2 Hydrologisches Modell STORM XXL®

Das Modell STORM ist ein deterministisches, flächendetailliertes, konzeptionelles Modell, dessen Modellansätze als physikalisch begründet bezeichnet werden können. Seine räumliche Gliederung basiert auf einer Einteilung des betrachteten Einzugsgebietes in Polygone ähnlicher Eigenschaftskombination, die sogenannten Elementarflächen. Auf der Ebene der Elementarflächen werden die Prozesse der Abflussbildung simuliert. Hierbei unterscheidet das Modell grundsätzlich die Abflussbildung versiegelter und unversiegelter Flächen. Die Abflussbildung „natürlicher“ Flächen findet im Rahmen der Bodenwasserhaushaltsmodellierung statt. Dagegen wird für die versiegelten Flächen weiterhin der Abflussbildungsansatz nach der Grenzwertmethode angewendet. Maßgebend für die geometrische Einleitung sind die Informationen zur Landnutzung und den Bodeneigenschaften. Die Elementarflächen werden zu hydrologischen Einheiten, sogenannten Teilgebieten, zusammengefasst. Auf dieser Ebene werden die Prozesse der Belastungsbildung und Abflusskonzentration gesteuert. Der Niederschlag, die Temperatur sowie die potenzielle Evapotranspiration werden als Zeitreihen eingelesen. Alternativ kann der Temperatur und Verdunstung vereinfachend ein mittlerer Jahrgang der täglichen Verdunstungsrate zugrunde gelegt werden.

4.3 Modellaufbau

Ziel der N-A-Modellierung ist es, für markante Gewässerpunkte das statistische Abflussverhalten zu bestimmen, das als Grundlage für die Analyse von verschiedenen Fragestellungen (z.B. Kanalnetzberechnung, Bemessung von Anlagen, Maßnahmenplanung etc.) verwendet werden kann. Hierzu ist es notwendig, das Einzugsgebiet in Teilgebiete einzuteilen (Abbildung 6). Für die natürlichen Teile des Einzugsgebiets konnte die Teilgebietsaufteilung mit Hilfe des Digitalen Geländemodells erfolgen. Die Festlegung von Teileinzugsgebieten im Siedlungsbereich erfolgte nach der Lage des Entwässerungsnetzes und deren Bauwerke.

Die in Kapitel 3 beschriebenen Daten wurden in das Modell STORM eingebunden (Abbildung 10). Die GIS-technische Verschneidung der bewerteten und klassifizierten Boden- und Landnutzungsinformation mit den Teileinzugsgebieten führte zu insgesamt 676 hydrologischen Einheiten der so genannten Elementarflächen. Davon beschreiben 470 Elementarflächen die

natürlichen Teile des Einzugsgebiets. Die Verknüpfung der Flächen und Gebiete mit den Gewässerabschnitten und den Haltungsflächen führte zu einem kalibrierbaren Modell, das in der Lage ist, die hydrologischen Verhältnisse des Einzugsgebiets zu beschreiben.

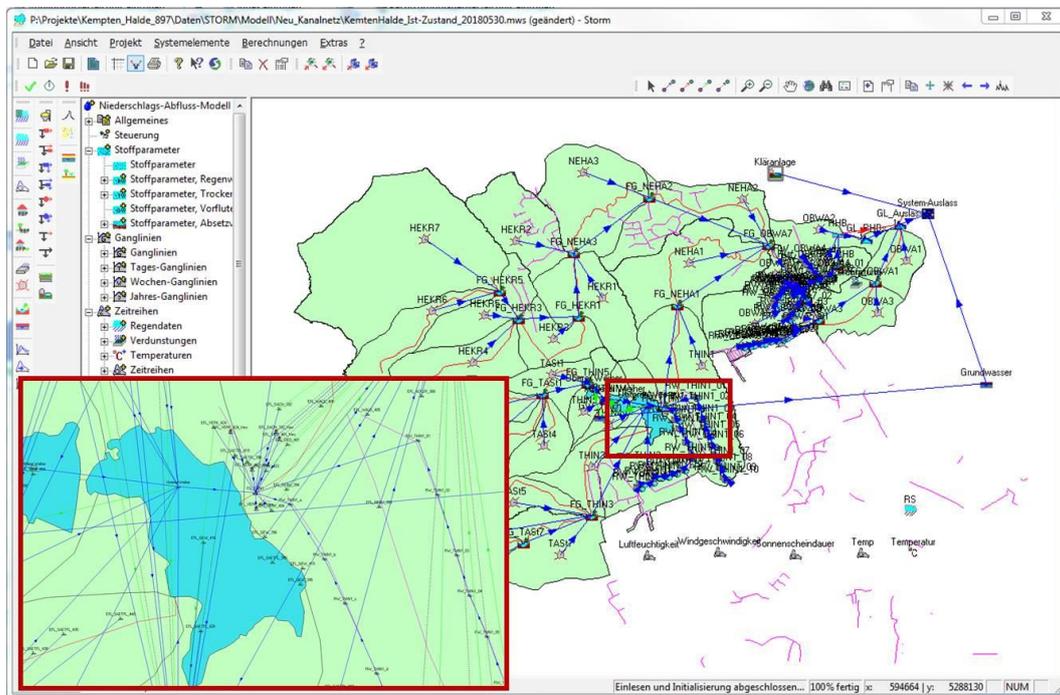


Abbildung 10: Modellaufbau für den Ist-Zustand

Das N-A-Modell umfasst insgesamt 31 Teileinzugsgebiete mit einer Gesamtfläche von 477 ha und einem mittleren Versiegelungsgrad von ca. 10,9%. Die Hydrologie der natürlichen Flächen erfolgt unter Berücksichtigung des Bodenwasserhaushaltes. Die Abflusskonzentration ist das Ergebnis der durch die Morphologie vorgeschriebenen Fließwege.

Die Siedlungsgebiete umfassen das kanalisierte Einzugsgebiet einschließlich der unbefestigten Flächen. Die meisten von den unbefestigten Flächen wurden mit Bodenwasserhaushalt im Modell abgebildet. Als befestigte Flächen im Sinne der ATV-DVWK-A 198 (2003) wurden die Bau- und Verkehrsflächen des Flächennutzungsplanes berücksichtigt. Die abflusswirksame Fläche A_u wurde entsprechend der Flächennutzung ermittelt. Die Zuordnung der befestigten Flächen zu einem Entwässerungssystem wurde aus den Kanalnetzdaten übernommen.

Für eine realistische Abbildung des Abflusstransportes im Gewässersystem benötigt das N-A-Modell Angaben zur Geometrie und Beschaffenheit der Gerinne. Durch die Unterteilung des Gesamteinzugsgebiets in Teileinzugsgebiete findet eine Untergliederung der Flussläufe in Teilabschnitte, so genannte Transportelemente, statt. In den Teilgebieten, die keinen Oberlieger besitzen, wird der Abflusstransport bis zum Gebietsauslass über die Parameter der Abflussretention definiert. Da für das Gewässersystem des Untersuchungsgebiets keine Informationen zu den Querprofilen vorlagen, wurden den Teileinzugsgebieten entsprechend der jeweiligen Einzugsgebietsgröße idealisierte Trapezprofile und Sohlrauheit zugewiesen.

Einen wichtigen Bestandteil des Gewässersystems bilden auch die Elemente des Siedlungsentwässerungssystems. Der Bleicher Bach wird durch mehrere Bauwerke und die Kanalisation in ihrem Abflussverhalten maßgeblich beeinflusst. Zu den wichtigsten gehören Retentionsraum Schwablsberger Weiher, Trennbauwerk an der Dachser Gelände und Regenrückhaltebecken Stifsbleiche (Kapitel 3.6). Abschlagsbauwerke werden im Modell als eigenständige Systemelemente berücksichtigt. Wird der Drosselabfluss überschritten, erfolgt ein Anschlag ins Gewässersystem. Rückhaltungen sind über Speicherelemente einbezogen. Natürliche Abflussanteile aus städtischen Teilgebieten werden abweichend vom versiegelten Abfluss direkt dem Gewässernetz zugeteilt.

Die Vernetzung der Teilgebiete über Gerinneelemente führt zum Gesamtmodell Bleicher Bach. Mit dem aufgestellten Modell wurden anschließend Langzeitsimulationen für den Ist- und Plan-Zustand durchgeführt.

4.4 Modellierung des Ist-Zustandes

Der Nachweis der Leistungsfähigkeit des Regenrückhalteraums für den aktuellen Zustand erfolgte über eine Langzeit-Kontinuumssimulation. Das kontinuierliche Nachbilden der Füll- und Entleerungsvorgänge der Rückhalteanlage erlaubt eine zuverlässige statistisch begründete Aussage zu den erforderlichen Einstauvolumina und zu den Überlaufereignissen. Das Untersuchungsgebiet wurde dabei mit einer Langzeit-Regenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (Kapitel 3.1) berechnet. Es liegen lückenfreie Daten der Wasserwirtschaftsjahre 1961 – 2012 in einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten vor, so dass ein ausreichend langes Kontinuum von 52 Jahren berechnet werden kann. Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe beträgt für den o.g. Zeitraum 1.341 mm.

Die Abflussbildung ist innerhalb der kontinuierlichen Simulation nicht nur für die richtige Ermittlung der Abflusssummen unabhängiger Einzelereignisse von Bedeutung, sondern auch für die Formulierung von Anfangsbedingungen für mögliche Folgeereignisse. Aus diesem Grunde schließt die kontinuierliche Simulation der Abflussbildungsprozesse sowohl die Regen- als auch die Trockenphasen ein.

Da keine genauen Angaben zu der Befestigungsart der versiegelten Flächentypen vorlagen, wurden für alle befestigten Flächen folgende Abflussbildungsparameter angesetzt:

Benetzungsverlust	V_B	=	0,5 mm
Muldenverlust	V_M	=	1,8 mm
Anfangsabflussbeiwert	ψ_a	=	0,25
Endabflussbeiwert	ψ_e	=	0,85

Die Abtrocknung der Flächen erfolgt über die jahreszeitlich abhängige Verdunstung, die in STORM anhand der meteorologischen Zeitreihen berechnet wird.

Das Einzugsgebiet des Regenrückhaltebeckens weist eine Fläche von insgesamt $A_{ges} = 23,7$ ha auf. Die abflusswirksame Fläche beträgt dabei $A_u = 11,6$ ha.

Entsprechend der Forderung des Wasserwirtschaftsamtes Kempten und der Bemessungsunterlagen wurde ein Gesamtvolumen von ca. 3.000 m³ angenommen.

Die Ergebnisse der Langzeitsimulation haben für den Bestand ergeben, dass die Überschreitungshäufigkeit des verfügbaren Rückhaltevolumen bei $n = 0,15$ liegt. Dies entspricht einer Jährlichkeit von ca. $T = 7a$.

4.5 Modellierung von Varianten zur Regenentwässerung

Die Stadt Kempten (Allgäu) entwickelt in Norden des Stadtgebietes das Baugebiet Hald Nord. Das Gebiet hat eine Größe von ca. 19 ha. (Abbildung 1). Für eine Wohnbebauung mit ca. 320 Wohneinheiten, bestehend aus Geschosswohnungsbau, Reihen- und Einfamilienhäusern wurde gemäß Aufgabenstellung des städtebaulichen Wettbewerbs 2014 ein modernes Regenwasserkonzept entwickelt (Sieker 2018).

Im hydrologischen Modell wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber der Planzustand unter Berücksichtigung des Baugebietes Halde Nord und der geplanten Erweiterung des Gewerbegebietes Stiftsbleiche abgebildet. Durch die neu zu erschließenden Flächen wird das Einzugsgebiet des Regenrückhaltebeckens auf ca. 33 ha erweitert. Daraus ergibt sich eine abflusswirksame Fläche von $A_u = 20,9$ ha.

Anschließend wurde das Modell eingesetzt, um die im Regenwasserkonzept [1] vorgeschlagenen Entwässerungsvarianten zur Drosselung des Abflusses auf ihre Wirksamkeit zu untersuchen. Folgende Varianten wurden berücksichtigt:

- Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung
- Konventionelle Entwässerung mit der Regenwasserkanalisation

4.5.1 Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ist eine vollständige Versickerung der Niederschlagsabflüsse nicht möglich. Dennoch kann zumindest eine Tiefenversickerung erreicht werden, so wie es auch im natürlichen Zustand der Fall ist. Um eine sichere Entwässerung zu gewährleisten, wurde eine gedrosselte Ableitung sowohl für die Grundstücke als auch die Verkehrsflächen berücksichtigt. Das Konzept folgt damit dem Prinzip des Mulden-Rigolen-Systems.

Die Drosselspanne von $q_{dr} = 10$ l/(s ha) wurde so gewählt, dass die Spitzenabflüsse des derzeitigen, unbebauten Zustandes nicht wesentlich erhöht werden. Die Anlage wurde grob dimensioniert und im Modell abgebildet. Die Bemessung erfolgte anhand der aktuellen KOSTRA DWD 2010R Regendaten. Gemäß den Vorgaben von DWA-A 138 wurde eine Bemessungshäufigkeit von 5 Jahren ($n = 0,2$) gewählt.

Darstellung der notwendigen Flächen/Standorte für die geplanten Maßnahmen zeigt Abbildung 11.



Abbildung 11: Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Die Ergebnisse der Langzeitsimulation haben für die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung ergeben, dass die Überschreitungshäufigkeit des verfügbaren Rückhaltevolumen bei $n = 0,17$ liegt. Dies entspricht einer Jährlichkeit von ca. $T = 6a$.

4.5.2 Konventionelle Regenwasserkanalisation als Vergleichslösung

Als Basis für einen Alternativenvergleich wurde eine konventionelle Kanalisation für die Regenentwässerung im Trennverfahren entsprechend dem Regenwasserkonzept für das Baugebiet Halde Nord [7] modelltechnisch abgebildet. Das Regenwasserkanalnetz wurde über verrohrte Gerinnelemente im Modell abgebildet. Die Niederschlagsabflüsse von den Grundstücken und Verkehrsflächen werden gesammelt und in einen Sammelkanal bis zum Anschlusspunkt in der Tobias-Dannheimer-Str. geführt (Abbildung 12).



Abbildung 12: Konventionelle Regenwasserkanalisation für Baugebiet Halde Nord

Die Ergebnisse der Langzeitsimulation haben für die konventionelle Entwässerung ergeben, dass die Überschreitungshäufigkeit des verfügbaren Rückhaltevolumen bei $n = 0,30$ liegt. Dies entspricht einer Jährlichkeit von ca. $T = 3a$.

4.6 Festlegung einer hydrologischen Vorzugsvariante

Eine vergleichende Bewertung der betrachteten Varianten wurde im Erläuterungsbericht zum Regenwasserkonzept [7] ausführlich diskutiert.

Die Ergebnisse der Langzeitsimulation zeigen eindeutig, dass die dezentrale Entwässerungsvariante mit einem Mulden-Rigolen-Systems gegenüber einer konventionellen Entwässerung im Trennverfahren zu einer signifikanten Reduzierung der Abflussspitzen und Abflussverzögerung führt.

In Abbildung 13 werden ferner die in STORM modellierten Abflussganglinien aus dem geplanten Baugebiet Halde Nord für eine ausgewählte Periode beispielhaft dargestellt.

Es konnte nachgewiesen werden, dass durch eine effektive dezentrale Regenwasserbewirtschaftung eine Wasserhaushalts- und Hochwasserneutralität für die Erschließung des Plangebiets erreicht werden kann.

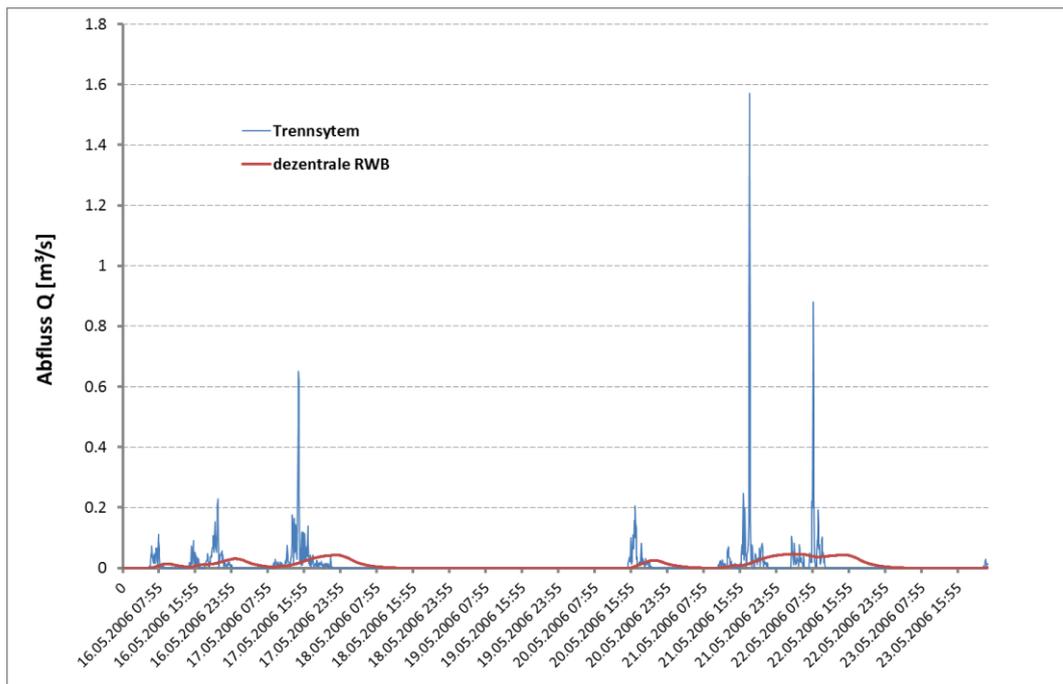


Abbildung 13: Vergleich Abflussganglinien aus dem EZG des Neubaugebiets Halde Nord im Zulauf des Kanal in der Tobias-Dannheimer-Str. zwischen konventionellen Entwässerung im Trennsystem und dezentralen Regenwasserbewirtschaftung